

# 试 卷 二 十

## 2005 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目：材料科学基础

适用专业：材料科学与工程

- 一、(15 分) 说明材料中的结合键与材料性能的关系。
- 二、(15 分) 任意选择一种材料，说明其可能的用途和加工过程。
- 三、(15 分) 针对图 20-1 所示 Mg-Y 相图，回答下列问题：
  1. 已知 Mg 为 HCP 结构，计算 Mg 晶胞的致密度。
  2. 写出相图上等温反应，及图中 Y = 5% wt 的 K 合金在室温下的平衡组织。
  3. 指出提高 K 合金强度的方法。
  4. 计算 Y = 18% wt 的合金在刚凝固完毕时的组织组成百分含量。

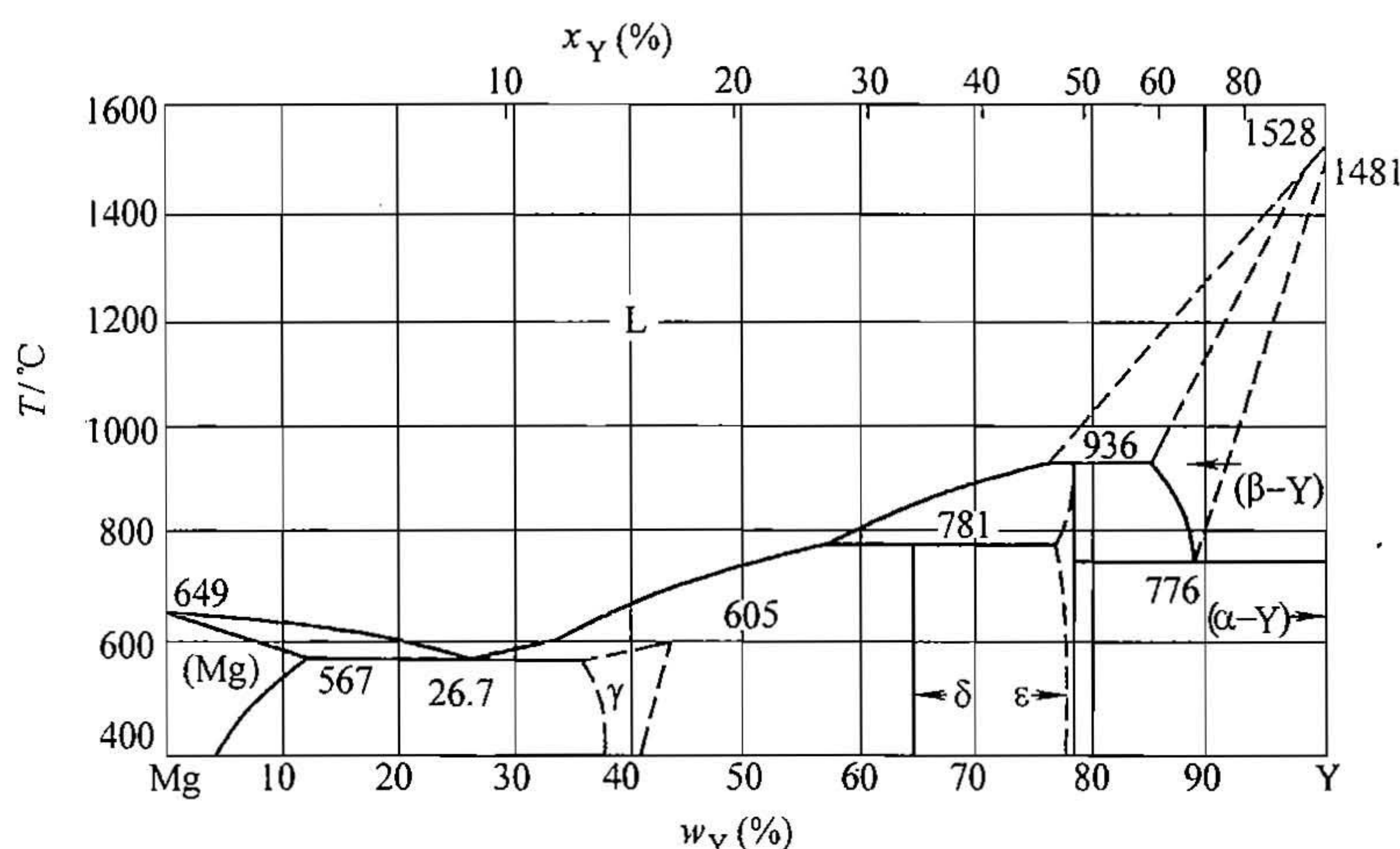


图 20-1 第三题图

四、(15 分) 图 20-2 所示为 A-B-C 三元相图投影，三个组元在液态无限互溶，在固态有限溶解，固溶度随温度变化， $e_1p$ 、 $e_2p$ 、 $e_3p$  是液相的成分变化线，其他箭头表示固相成分变化，试回答：

1. 合金 1 在常温下的组织组成物。
2. 用数学表达式表示合金 2 在常温下相组成物的百分含量。
3. 画出合金 3 从液相到室温的冷却曲线，写出各温度区间的反应式，并在



三相反应中标明相成分变化趋势。

4. 若  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  均为同等作用的强化相, 分析合金 1、2、3 在热处理中的强化效果大小。

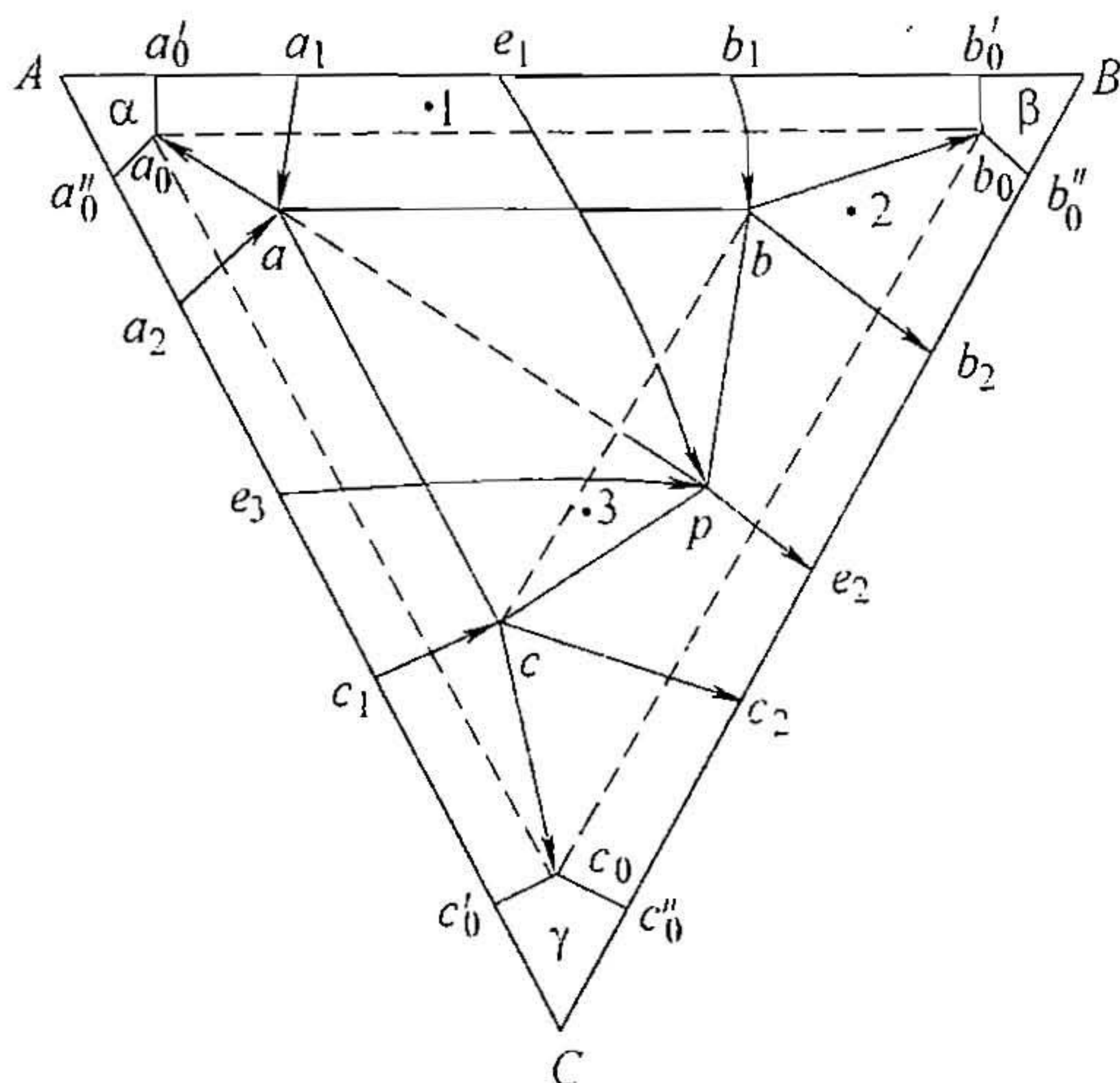


图 20-2 第四题图

五、(15 分) 何谓加工硬化? 列出加工硬化的各种可能机制, 说明加工硬化在工业上的应用。

六、(10 分) 简要说明第二相在冷塑性变形过程中的作用。

七、(15 分) 如图 20-3 所示, 在柏氏矢量为  $\vec{b}_1$  的位错 1 的应力场中, 存在位错 2, 其柏氏矢量为  $\vec{b}_2$ , 位错 1、位错 2 均为刃型位错。问: 位错 1 的应力场中哪一个应力分量使位错 2 滑移, 哪一个应力分量使位错 2 攀移? 写出受力表达式。(不考虑位错运动时受到的阻力)

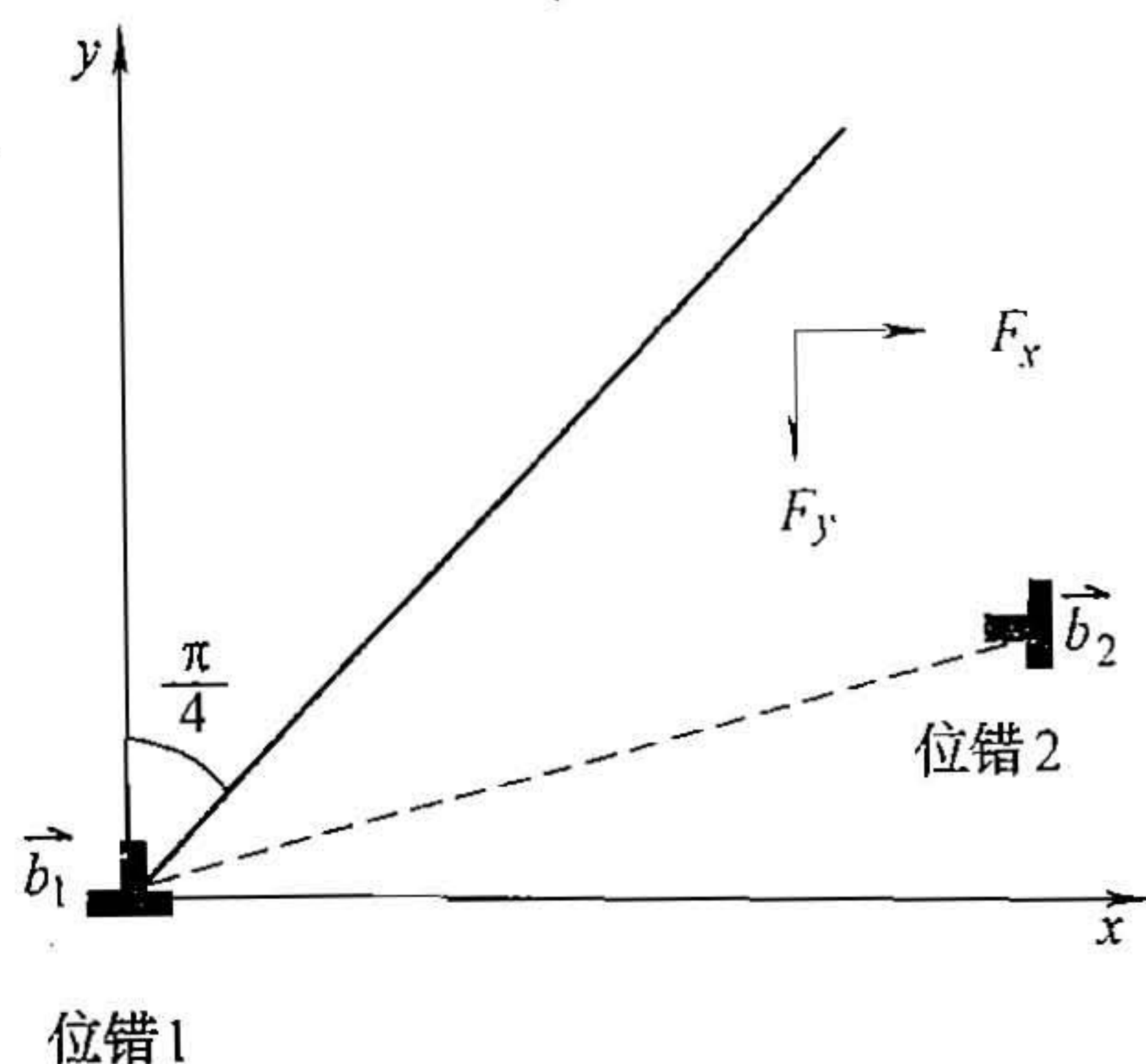


图 20-3 第七题图

八、(15 分) 讨论织构的利弊及控制方法。



### 九、(15 分)

1. 简要说明影响扩散系数的因素。

2. 若已知碳在奥氏体中扩散系数  $D = 0.2\exp(-138 \times 10^3/RT) \text{ cm}^2/\text{s}$ , 问在  $927^\circ\text{C}$  时使试样表面  $1\text{mm}$  深度处碳浓度达到  $0.5\%$  所需时间。试样为纯铁,  $927^\circ\text{C}$  时碳在奥氏体中最大溶解度为  $1.3\%$ , 误差函数如表 20-1 所示。

表 20-1 第九题表  $\left[\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right]$  与  $\text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$  的对应值

$\frac{x}{2\sqrt{Dt}}$	$\text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$	$\frac{x}{2\sqrt{Dt}}$	$\text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$	$\frac{x}{2\sqrt{Dt}}$	$\text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$
0.0000	0.0	0.7	0.6778	1.4	0.9523
0.1125	0.1	0.8	0.7421	1.5	0.9661
0.2227	0.2	0.9	0.7969	1.6	0.9763
0.3286	0.3	1.0	0.8247	1.7	0.9838
0.4284	0.4	1.1	0.8802	1.8	0.9891
0.5205	0.5	1.2	0.9103	1.9	0.9928
0.6039	0.6	1.3	0.9340	2.0	0.9953

十、(20 分) 试说明晶粒大小对金属材料室温及高温力学性能的影响, 在生产中如何控制材料的晶粒度?

## 标准答案

一、材料结合键的类型及结合能的大小对材料的性能有重要的影响, 特别是对物理性能和力学性能。

结合键越强, 熔点越高, 热膨胀系数就越小, 密度也大。金属具有光泽、高的导电性和导热性、较好的机械强度和塑性, 具有正的电阻温度系数就与金属的金属键有关。陶瓷、聚合物一般在固态下不导电与其非金属键结合有关。工程材料的腐蚀实质是结合键的形成和破坏。

晶体材料的硬度与晶体的结合键有关。一般共价键、离子键、金属键结合的晶体比分子键结合的晶体的硬度高。结合键之间的结合键能越大, 则弹性模量越大。工程材料的强度与结合键能也有一定的联系。一般结合键能高, 强度也高一些。材料的塑性也与结合键类型有关, 金属键结合的材料具有良好的塑性, 而离子键、共价键结合的材料塑性变形困难, 所以陶瓷材料的塑性很差。

二、略



### 三、

1. 0.74。

2. 相图上等温反应,  $936^{\circ}\text{C}: \text{L} + \beta - \text{Y} \rightarrow \epsilon$ ;  $781^{\circ}\text{C}: \text{L} + \epsilon \rightarrow \delta$ ;  $776^{\circ}\text{C}: \beta - \text{Y} \rightarrow \alpha - \text{Y} + \epsilon$ ;  $567^{\circ}\text{C}: \text{L} \rightarrow (\text{Mg}) + \gamma$ 。图中  $\text{Y} = 5\% \text{ wt}$  的 K 合金在室温下的平衡组织为  $(\text{Mg}) + \gamma_{\text{II}}$ 。

3. 提高 K 合金强度的方法有加工硬化、细晶强化和沉淀强化。

4.  $\text{Y} = 18\% \text{ wt}$  的合金在刚凝固完毕时的组织组成为  $(\text{Mg})_{\text{初晶}} + [(\text{Mg}) + \gamma_{\text{II}}]_{\text{共晶}}$ ,  $(\text{Mg})_{\text{初晶}}\% = 40.8\%$ ,  $[(\text{Mg}) + \gamma_{\text{II}}]_{\text{共晶}}\% = 59.2\%$ 。

### 四、

1.  $\alpha_{\text{初晶}} + (\alpha + \beta)_{\text{共晶}}$ 。

2. 合金 2 在常温下相组成物为  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ , 设  $a_02$  延长交  $b_0c_0$  于  $D$  点,  $b_02$  延长交  $a_0c_0$  于  $E$  点,  $c_02$  延长交  $a_0b_0$  于  $F$  点, 则  $\alpha\% = 2D/a_0D\%$ ,  $\beta\% = 2E/b_0E\%$ ,  $\gamma\% = 2F/c_0F\%$  (或其他表达式)。

3. 合金 3 从液相到室温的冷却曲线 (略); 各温度区间的反应式为:  $\text{L} \rightarrow \gamma$ ,  $\text{L}_{e_3 \rightarrow p} \rightarrow \alpha_{a_2 \rightarrow a} + \gamma_{c_1 \rightarrow c}$ ,  $\text{L}_p + \alpha_a \rightarrow \beta_b + \gamma_c$ ,  $\beta_b \rightarrow b_0$  与  $\gamma_c \rightarrow c_0$  互析,  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  同析。

4. 合金 1、2、3 在热处理中的强化效果:  $2 > 3 > 1$ 。

五、金属在冷加工过程中流变应力随应变的增加而增加的现象称为加工硬化。

加工硬化的机制主要是位错之间的相互作用, 如割阶的形成, 位错交截、缠结, 位错运动中与林位错的作用, 面角位错的形成, 以及溶质原子与位错的作用形成溶质原子气团等。

加工硬化在工业上的应用: 金属在加工过程中塑性变形抗力不断增加, 使金属变脆, 需要进行多次中间退火, 使金属的冷加工需要消耗更多的功率; 加工硬化使金属基体具有一定的抗偶然过载的能力; 加工硬化和塑性变形适当配合可使金属进行均匀塑性变形; 有些加工方法要求金属必须有一定的加工硬化; 加工硬化也是强化金属的重要手段之一, 对某些纯金属加工硬化是提高强度的重要办法; 有些零部件在工作条件下表面会不断硬化, 达到表面耐冲击、耐磨损的要求; 经过加工硬化后材料塑性降低, 可以改善材料如低碳钢的切削加工性能; 可以通过冷加工控制产品的最后性能。

六、复相合金的主要变形方式仍然是滑移和孪生, 由于合金中第二相的种类、数量、大小、形状、分布特点及与基体界面结合的不同, 第二相对塑性变形的影响也很复杂。如果复相合金中两个相都具有塑性, 第二相的尺寸大小、变形能力与基体相差不大, 则合金的变形决定于两相的体积分数; 如果两相中一个是塑性相, 而另一个是硬脆相时, 合金的塑性变形主要取决于硬脆相的存在情况,



第二相粗大或呈大针状，变形只在基体中进行，合金的塑性都不会很高；如果第二相连续分布在固溶体的晶界上，合金很脆，几乎不能进行塑性变形。

弥散分布的第二相能够产生显著的强化作用，使合金获得良好的综合力学性能，强度很高，塑性也好，这类合金的塑性变形主要在基体相中进行。

七、位错 1 的应力场中  $\tau_{xy}$  分量使位错 2 滑移， $\sigma_{yy}$  分量使位错 2 攀移。设位错 1 与位错 2 距离为  $r(x, y)$ ，则

$$\text{使位错 2 滑移的力 } F_y = \frac{G b_1}{2\pi(1-\nu)} \cdot \frac{x(x^2 - y^2)}{(x^2 + y^2)^2} \cdot b_2$$

$$\text{使位错 2 攀移的力 } F_x = \frac{G b_1}{2\pi(1-\nu)} \cdot \frac{y(x^2 - y^2)}{(x^2 + y^2)^2} \cdot b_2$$

八、织构引起金属的各向异性，各向异性在很多情形下对金属的加工和使用带来麻烦。深冲金属杯子可能产生制耳。具有织构的多晶体金属棒经过多次反复加热和冷却后会显著伸长。

但有的情况下要设法获得某种织构，利用其各向异性，如变压器用的硅钢片、精密电子电容器的高压电子铝箔以及应用于汽车、机械等部门要求优越的超深冲压性能的无间隙原子钢，对不可热处理强化的铝合金可以通过冷变形产生加工硬化来强化合金。

控制织构的一种方法是控制加工和热处理制度，得到只有轻微织构的加工组织，得到细晶粒的再结晶组织；还可以改变轧板的生产工艺，冷加工中的中间再结晶退火和最终回复退火的结合可以控制织构，可以采用交叉轧制的方法，铝合金薄板热轧过程的控制和多方向交叉冷轧以及相应退火来减少制耳的形成。

## 九、

1. 影响扩散系数的因素有：温度的影响，随温度的升高，扩散系数急剧增大；晶体缺陷的影响，原子沿线缺陷（位错）和面缺陷（晶界和自由表面等）的扩散速率远比沿晶内的体扩散速率大；在具有同素异构转变的金属中，扩散系数随晶体结构的改变会有明显的变化，溶质原子在 BCC 晶体结构中的扩散系数比在 FCC 中的大。

晶体的各向异性对扩散系数也有影响，但这种异向性随温度的升高逐渐减小。

间隙原子的扩散激活能比置换式原子的扩散激活能小得多。

扩散元素的性质与溶剂金属的性质差别越悬殊，则扩散系数越大。

在许多固溶体合金中，溶质的扩散系数随浓度的增加而增加，溶质元素能使合金熔点降低的（或引起液相线下降的）均能使扩散系数增加；反之，使扩散系数降低。

第三元素对二元合金中组元的扩散也有影响，与合金中组元形成化合物的第



三元素阻碍溶质原子的扩散，从而降低扩散系数。

2. 略。

十、室温强化，高温弱化。

生产中控制材料的晶粒度有铸造中细化，加工中通过控制轧制细化热加工组织，再结晶退火中依靠合金元素和微量元素阻止晶粒长大，结合再结晶全图综合考虑冷变形加工量和加热温度的关系。